

(Aus den Zoologischen Instituten der Universität Erlangen und der Universität
Freiburg i. Br.)

**Eine Atlasassimilation beim Meerschweinchen
(*Cavia porcellus*) und ihre
morphologischen Folgeerscheinungen im Bereich
der Cervical- und Thoracalregion der Wirbelsäule**

Von SIEGFRIED BRÜCKNER und GÜNTHER OSCHÉ

Herrn Prof. Dr. Niethammer zum 60. Geburtstag gewidmet

Aberrationen oder „Mißbildungen“ im Bereich der Wirbelsäule von Vertebraten sind verbreitet und vielfach beschrieben. Ein besonderes Interesse verdienen dabei solche Bildungsabweichungen, die durch Arealverschiebung (Remane 1952) an differenzierten serial homologen (= homonomen) Strukturen auftreten, wie sie die Wirbel der verschiedenen Regionen des Achsenskeletts bei Mammalia darstellen.

Eine auch phylogenetisch besonders interessante Region der Wirbelsäule der Mammalia ist die Cervicalregion; einmal dadurch, daß sie mit dem als Atlas differenzierten 1. Halswirbel die Grenze zur Occipitalregion des Schädels, die cranio-vertebrale Grenze, herstellt, zum anderen dadurch, daß diese Occipitalregion durch Assimilation von — bei Säugetieren fünf — sogenannten „Occipitalwirbeln“ aufgebaut wird und letztlich durch den Tatbestand, daß es bei den Mammaliern, von wenigen „Ausnahmen“ abgesehen, zu einer Fixierung der Halswirbelzahl auf 7 gekommen ist.

Wie alle Grenzen zwischen den Regionen der Wirbelsäule ist auch die cranio-vertebrale nicht absolut fixiert, obwohl sie die stabilste zu sein scheint. Dennoch treten auch hier, wenngleich relativ selten, Aberrationen auf. Solche sind in Form von „Arealverschiebungen“ in zwei Richtungen möglich. In einem Fall wird bei der embryonalen Assimilation von Occipitalwirbeln in die Occipitalregion die Aufnahme des letzten nicht völlig vollzogen, so daß er als sogen. Proatlas mehr oder weniger deutlich erkennbar bleibt (*Manifestatio proatlantis*) (z. B. Bystrow 1933, Ingelmark 1947). Im anderen Fall wird gewissermaßen ein Wirbel zu viel in die Occipitalregion aufgenommen, das heißt, es kommt zu einer Anschmelzung des Atlas an die Hinterhauptsregion, einer *Assimilatio atlantis*.

Diese beiden Aberrationen sind beim Menschen vielfach nachgewiesen, sind doch einige hundert Fälle von Atlasassimilation, vor allem bei Röntgenuntersuchungen, bekanntgeworden. Im Gegensatz dazu sind *Atlasassimilatio-*

nen bei Säugetieren relativ selten. Soweit uns bekannt, sind bisher nur folgende 7 Fälle beschrieben:

- | | |
|--|--|
| 1. Primates: <i>Papio</i> (syn. <i>Cynocephalus</i>) (<i>babuin?</i>) | (Vram 1903) — nur Kopf untersucht |
| <i>Hylobates</i> | (Schultz 1941, 1961) — nur Kopf untersucht |
| <i>Gorilla</i> | (Randall 1943 nach Schultz 1961) — nur Kopf untersucht |
| 2. Carnivora: <i>Canis familiaris</i> | (Kollmann 1905) — nur Kopf untersucht |
| <i>Phoca hispida</i> | (Bystrow 1931) — Kopf und Halswirbelsäule untersucht |
| 3. Rodentia: <i>Ondatra zibethica</i> | (Freye 1964) — nur Kopf untersucht, |
| <i>Mus musculus</i> | (Hayek 1927) — bei einem Embryo untersucht |

In jüngster Zeit haben Nouvel, Chavier, Petter und Rinjard (1966) eine Deformation der Occipitalregion bei einem Löwen (*Panthero leo*) beschrieben, von der wir nach der Beschreibung annehmen, daß auch hier eine Assimilatio atlantis vorliegt.

Des weiteren weist Keller (1960) auf einen noch nicht beschriebenen Fall bei der Hauskatze (*Felis domestica*) hin, der in der Sammlung des Tieranatomischen Institutes in München aufbewahrt wird. Dank des Entgegenkommens von Herrn Prof. Dr. Walter konnte Brückner diesen Katzenschädel untersuchen und eine eindeutige Atlasassimilation nachweisen, die im folgenden jedoch nicht weiter dargestellt werden soll.

Eine eingehendere Darstellung hingegen soll ein interessanter Fall von Atlasassimilation beim domestizierten Meerschweinchen (*Cavia porcellus*) finden, der an einem Exemplar der im Zoologischen Institut der Universität Erlangen gehaltenen Tiere auftrat und bei der Montage des mazerierten Gesamtskeletts auffiel. Dieses Meerschweinchen ist insofern interessant, als im Gegensatz zu allen anderen Fällen, bei denen nur der Schädel (bei *Phoca* auch der Hals) zur Untersuchung vorlag, hier auch das gesamte übrige Skelett erhalten ist und sich so die zum Teil beträchtlichen Auswirkungen der Atlasassimilation auf die übrigen Wirbel der Cervical- und Thoracalregion untersuchen ließen. (Das Skelett des Tieres befindet sich jetzt im Zoologischen Institut der Universität Freiburg i. Br.)

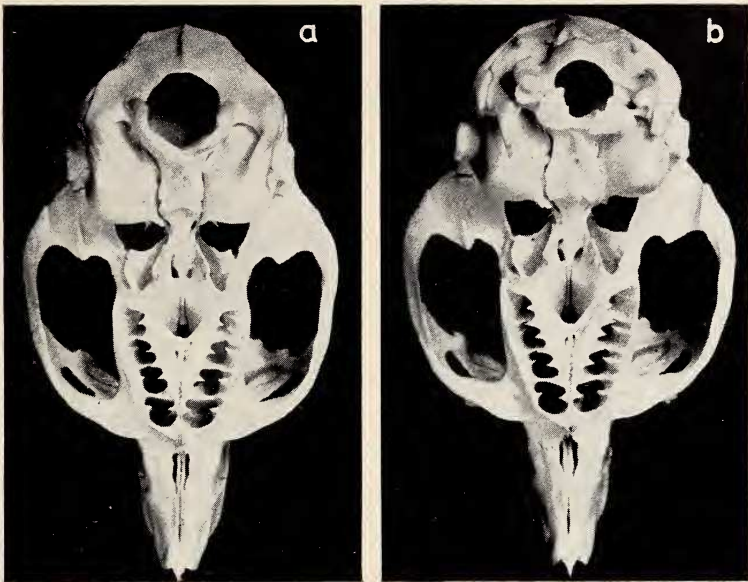


Abb. 1. *Cavia porcellus*
a Normaler Schädel
b Schädel mit Atlasassimilation (Aberration)

1. Beschreibung der Atlasassimilation bei *Cavia porcellus*

Die folgende Beschreibung beschränkt sich auf die wesentlichsten Eigenschaften und hebt besonders jene Abänderungen im Bereich der Halswirbelsäule und der Thoracalregion hervor, die zu einer Kompensation der durch die Atlasassimilation entstandenen Situation führten. Dabei werden die Wirbel der Halsregion (Cervicalregion), mit dem angeschmolzenen Atlas (C I) beginnend, von C I bis C VII durchnummeriert. Entsprechend werden die Wirbel der Thoracalregion (Brustwirbel) mit TH I bis TH XIII bezeichnet.

a) Occipitalregion und Atlas (= C I)

Der Atlas ist in seiner Ringform ganz erhalten und mit dem Hinterhaupt nahezu vollständig verschmolzen. Bei diesem Prozeß wurde der Atlas leicht schräg gestellt und seine Masse nach rechts verschoben, so daß das rechte Pleurooccipitale lückenlos mit dem rechten dorsalen Atlasbogen verschmolzen ist, während auf der linken Seite zwischen Pleurooccipitale und Atlasbogen ein kleiner rautenförmiger Spalt erhalten geblieben ist (Abb. 2 a). Die Crista occipitalis externa des Supraoccipitale ist stark verbreitert und am Übergang zum Dorsalteil des Atlas aufgegabelt (Abb. 2 a). Durch winzige Löcher in diesem Bereich ist dort eine Abgrenzung des Atlas möglich. Die Condyli occipitales sind durch die Assimilation des Atlas gewissermaßen „zgedeckt“ und nicht mehr zu erkennen. Von

den Foramina hypoglossi ist nur das rechte in normaler Lage erhalten, das linke dagegen stark verengt und nach dorsal in die Mitte der Massa lateralis atlantis verlagert. Der dorsale Bogen und die Massae laterales des Atlas sind in ihrer Flügelform nahezu um 90° ventralwärts gedreht, so daß diese Teile nicht mehr waagrecht, sondern nahezu senkrecht stehen (Abb. 2 a). Die rechtsseitig stärkere Verschmelzung des Atlas und seine damit verbundene Schrägstellung führen dazu, daß seine linke Massa lateralis etwa doppelt so groß wie die rechte entwickelt ist und weiter dorsal liegt (Abb. 1 b). Der Außenrand beider Massae laterales ist caudalwärts wulstig umgebogen und erhält dadurch den Charakter einer Gelenkfläche (Abb. 2 a). Die Faciès articulares caudales des Atlas sind beidseitig ventralwärts etwa im rechten Winkel abgekippt, nehmen somit die Lage der Condyli occipitales ein (Abb. 1) und artikulieren mit den Faciès articulares laterales des Epistropheus (Axis = C II). Dadurch wird die durch die Atlasassimilation verursachte Blockierung des Atlantooccipitalgelenkes in Grenzen kompensiert. Diese Kompensation wird noch dadurch unterstützt, daß die Fovea dentis des assimilierten Atlas auf etwa das Doppelte vergrößert ist und in ihrer Form die Hauptrichtung des Dens epistrophei von rechts nach links oben festlegt (Abb. 1 b). Durch diese Umbildungen wird nicht nur eine Drehbewegung um die Längsachse des Dens, sondern auch eine gewisse Beweglichkeit in der Dorsoventralebene (Nickbewegung) möglich.

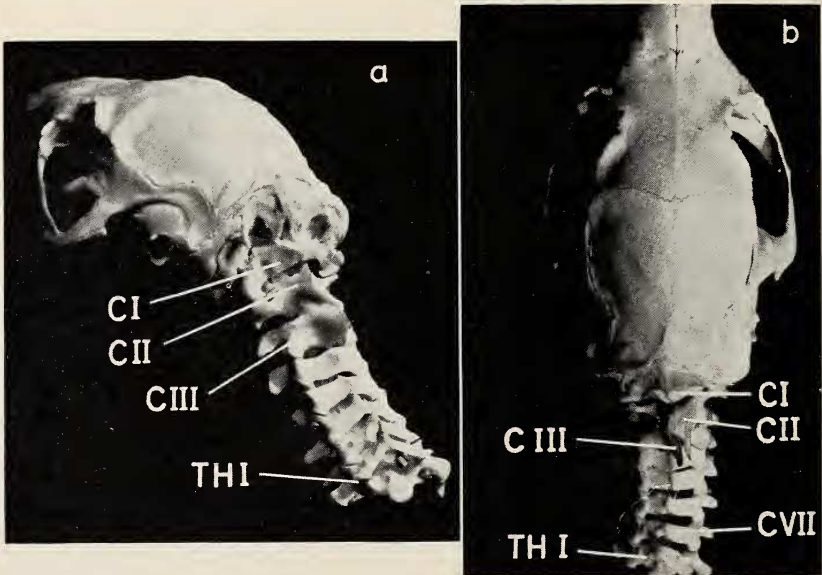


Abb. 2. *Cavia porcellus*. Schädel mit Atlasassimilation und Halswirbelsäule (Aberration)

a schräg von hinten, b Dorsalansicht

C I = Atlas (assimiliert)

C II bis C VII = die übrigen Halswirbel

TH I = der in die Cervicalregion übernommene I. Thorakalwirbel.

Die Ringform des assimilierten Atlas ist weitgehend erhalten, jedoch ist der ventrale Bogen stark verschmälert (vergl. Abb. 1 b und 3 c). Das führt zu einer ventralwärts gerichteten Verlagerung des „sekundären Foramen magnum“ (= Foramen vertebrale des assimilierten Atlas) (Abb. 1 a und b). Während das Foramen magnum des normalen Schädels beim Meerschweinchen nach Thenius (1950) einen Neigungswinkel gegen die Basilarlänge des Schädels von 127° einnimmt (ein Wert, den auch wir bestätigen konnten), hat das durch die Atlasassimilation entstandene „sekundäre Foramen magnum“ an dem von uns untersuchten Meerschweinchenschädel einen Neigungswinkel von 140° . Die daraus resultierende stärkere Neigung des Schädels nach ventral wird durch eine entsprechende Lordose der gesamten Halswirbelsäule weitgehend ausgeglichen (Abb. 2 a). Die durch die rechtsseitig stärkere Ansmelzung des Atlas an das Occiput verursachte Schrägstellung des Kopfes (nach links) wurde dagegen durch eine S-förmige Verbiegung der Halswirbelsäule in der Frontalebene kompensiert (Abb. 2 b).

b. *Epistropheus* (*Axis* = C II) (Abb. 2 a, b und 3)

Der *Epistropheus* (C II) nimmt infolge der Atlasassimilation die Stelle des Atlas (C I) ein und hat entsprechende Veränderungen erfahren. In seiner gesamten Ausdehnung ist er der stärkste Wirbel der Halswirbelsäule. Sein Dens ist jedoch schwächer als normal entwickelt, kegelförmig und nicht nach dorsal gebogen, sondern in seiner Längsachse leicht ventralwärts geneigt, so daß zusammen mit der entsprechenden Umbildung der Fovea dentis des Atlas (s. o.) eine beschränkte Nickbewegung zwischen C I und C II möglich ist, zumal die *Processus transversi* des C II in ihrer Dicke auf das 5fache gesteigert sind und an den Enden knopfartige Verdickungen (Abb. 3 b) tragen, durch die sie mit den entsprechend umge-

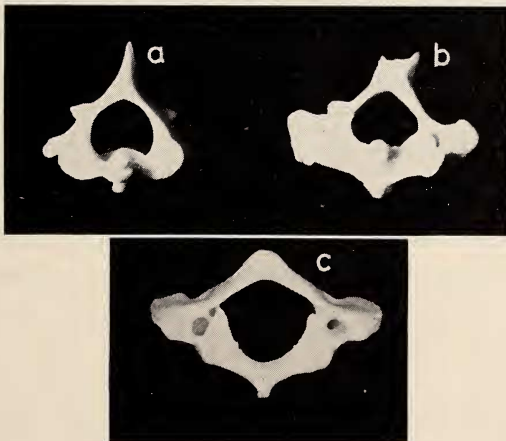


Abb. 3. *Cavia porcellus*
a *Epistropheus* eines Normaltieres — craniale Seite
b *Epistropheus* der Aberration — craniale Seite
c Atlas eines Normaltieres — caudale Seite

stalteten Processus transversi des assimilierten Atlas artikulieren. Der Dorsalrand des kammartig ausgezogenen Processus spinosus ist nicht konvex (Normalfall), sondern konkav gestaltet. Die Längsachse dieses Kammes ist S-förmig gekrümmt, wobei sein cranialer Teil links, sein caudaler Teil rechts der Längsachse verläuft. Durch diese Verlagerung wird im caudalen Teil des Neuralbogens Platz geschaffen für den bei diesem Tier ebenfalls kammartig ausgezogenen Processus spinosus des 3. Halswirbels (C III), der sich linksseitig bis zur Mitte des C II mit dessen Proc. spinosus-Kamm überlappt (Abb. 2 a und b, s. u.).

Das Foramen vertebrale des Epistropheus ist gegenüber der Normalausbildung erweitert und hat die Form eines regelmäßigen Fünfeckes (Abb. 3 a und b).

Durch all diese Umbildungen übernimmt der Epistropheus unseres Exemplars teilweise den Charakter und die Funktion des Atlas, ohne seine ursprüngliche Form ganz aufzugeben.

c. Der 3. Halswirbel (C III) (Abb. 4).

Auch der 3. Cervicalwirbel ist in seiner Ausgestaltung durch die Atlasassimilation betroffen worden. In seiner Lage in der Halswirbelsäule nimmt er etwa die Stelle des Epistropheus ein, dem er sich auch in seiner Form angeglichen hat.

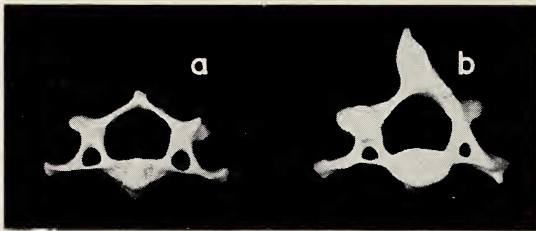


Abb. 4. *Cavia porcellus*
a 3. Halswirbel (C III) eines Normaltieres — craniale Seite
b 3. Halswirbel (C III) der Aberration — craniale Seite

Vor allem sein Processus spinosus — normalerweise nur ein kleines Dreieck bildend (Abb. 4 a) — ist hier zu einem nahezu kreisrund gebogenen, konvexen Kamm von 4 mm Höhe und 6 mm Länge ausgezogen, der stark an den Kamm eines normalen C II erinnert (Abb. 4 b). Seine craniale Hälfte überlappt sich linksseitig mit der caudalen Hälfte des Epistropheus-Kammes (Abb. 2 a und b, s. o.).

Der craniale Rand des C III-Kammes (Processus spinosus) ist in einen knopfartigen Fortsatz ausgezogen, der mit dem linken Neuralbogen des Epistropheus artikuliert und so die dem C III linksseitig fehlende Praezygapophyse ersetzt (Abb. 2 a und 4 b). Die Gelenkfläche der rechten Praezygapophyse dagegen ist auf das Doppelte vergrößerte und stärker konkav (Abb. 4 b). Auch die Postzygapophysen weisen vergrößerte Gelenkflächen auf.

Die umgestalteten Gelenkflächen zwischen C III und Epistropheus ermöglichen eine beschränkte Drehung um die Längsachse und eine leichte seitliche Flexion. Besonders in der Gestalt, aber wohl auch in der Funktion des C III erfolgte somit eine Angleichung an den Epistropheus.

d. Die 4. bis 7. Halswirbel (C IV — C VII)

Diese Halswirbel, die durch die Atlasassimilation in ihrer Lage in der Halswirbelsäule alle etwa um eine Wirbellänge cranialwärts verschoben sind, so daß C VII etwa die Lage des normalen C VI einnimmt, sind in ihrer Form nur geringfügig variiert (Abb. 2 a und b). Lediglich ihre Processus transversi sind etwas stärker ventralwärts gebogen, was mit der allgemeinen Aufbiegung der Halswirbelsäule (zur Kompensation der Neigung des Kopfes, s. o.) im Zusammenhang stehen dürfte.

e. Der erste Thorakalwirbel (TH I) (Abb. 5)

Durch die Atlasassimilation ist die Zahl der freien Halswirbel auf 6 reduziert worden. Interessanterweise erfuhr auch dies eine Kompensation, und zwar dadurch, daß der 1. Thorakalwirbel in die Halswirbelsäule aufgenommen wurde und entsprechend die Form eines 7. Halswirbels annahm, was vor allem durch Reduktion des 1. Rippenpaares erreicht wurde (Abb. 5 b). Somit ist die für Säugetiere charakteristische Zahl von 7 Halswirbeln funktionell wiederhergestellt worden (Abb. 2). Entsprechend ist bei unserem Exemplar der 1. Thorakalwirbel (TH I) kräftiger gebaut als normal, sein Foramen vertebrale ist erweitert und seine Querfortsätze sind massiger. Vor allem der linke Processus transversus erreicht nahezu vollständig eine Form wie bei einem normalen C VII (Abb. 5 b und c), indem er nur noch ein winziges Rippenrudiment trägt, welches ein Foramen ventral begrenzt, das als Foramen costotransversarium zu bezeichnen ist (Abb. 5 b). Das Rippenrudiment der rechten Seite ist dagegen etwas stärker entwickelt und reicht als ein dreieckiger Fortsatz von 3 mm Länge nach ventral. Seine Verbindung mit dem rechten Processus transversus des TH I ist cranial und caudal durch eine feine Sutura abgegrenzt, der Anschmelzungsprozeß also nur unvollständig (Abb. 5 b). Durch die weitgehende Rudimentation der normalerweise wohl entwickelten Rippen des TH I (Abb. 5 a) und durch die beidseitige Ausbildung eines Foramen costotransversarium ist somit eine beachtliche Formangleichung des TH I an den 7. Cervicalwirbel erreicht (Abb. 5 b und c).

f. Der 2. Thorakalwirbel (TH II)

Der 2. Thorakalwirbel nimmt bei unserem Exemplar die Stelle des TH I ein. Er ist weitgehend normal ausgebildet. Die ihm angeschlossenen Rippen nehmen in ihrer Länge eine Mittelstellung zwischen den normal ersten und zweiten Rippen ein. Ein Tuberculum, für den Ansatz des Musculus scalenius anterior, das den normalen 1. Rippen zukommt (Abb. 5 a), fehlt. In der Form (nicht Größe) stellen

diese Rippen also normale 2. Rippen dar, obwohl sie hier die ersten Rippen des Brustkorbes bilden. Die Rippen der Thorakalwirbel III bis XIII sind normal gestaltet.

Durch die Übernahme des TH I in die Cervicalregion ist die Brustwirbelsäule bei dem vorliegenden Meerschweinchen um einen Wirbel (TH I) und das dazugehörige Rippenpaar verringert, so daß hier nur 12 statt 13 funktionelle Thorakalwirbel vorliegen. Das „Fehlen“ des Atlas (durch Assimilation) wirkt sich also erst in der Thorakalregion durch das „Fehlen“ eines Thorakalwirbels aus.

Die Lendenregion ist von der Atlasassimilation nicht mehr betroffen. Sie weist auch bei dem vorliegenden Tier die normale Zahl von 6 normal gestalteten Lumbalwirbeln auf.



Abb. 5. *Cavia porcellus*

- a 1. Thoracalwirbel (TH I) eines Normaltieres mit 1. Rippenpaar — craniale Seite
- b 1. Thoracalwirbel (TH I) der Aberration — craniale Seite
- c 7. Halswirbel (C VII) eines Normaltieres — craniale Seite

Die Anzahl der Schwanzwirbel schwankt beim Meerschweinchen allgemein zwischen 5 und 7. Das vorliegende Tier mit Atlasassimilation hat 5 Schwanzwirbel.

2. Vergleich der Atlasassimilation von *Cavia* mit einigen anderen beschriebenen Fällen.

Vergleichen wir die ausführlicher dargestellten Fälle von Atlasassimilation bei Tieren, so zeigt sich, daß es dabei manchmal nur zu einer teilweisen Verschmelzung des Atlas mit dem Occiput gekommen ist, bestimmte Teile des Atlas also frei blieben, wie es bei dem von Vram (1903) beschriebenen Pavian (*Papio*, syn. *Cynocephalus*) in der Ventralregion der Fall ist. Ähnliche, nur partielle Verschmelzungen zeigen die genannten Schädel von *Hylobates* und *Mus*. Bei dem von Kollmann (1905) beschriebenen Wolfshund (*Canis*) ist nur die rechte Hälfte des Atlas assimiliert

und erhalten, während die übrigen Teile fehlen. Eine s y m m e t r i s c h e Anlagerung des voll erhaltenen Atlas scheint nur im Falle der Bisamratte (*Ondatra*) vorzuliegen (Freye 1964), während in den übrigen Fällen, wie auch in unserem, sich gewisse Asymmetrien zeigen. Über Auswirkungen der Atlasassimilation auf das übrige Skelett ist nur relativ wenig bekannt. Wie bei unserem Meerschweinchen ist auch bei der von Bystrow untersuchten Robbe (*Phoca*) der assimilierte Atlas vollständig ausgebildet und in der größtmöglichen Flexion durch die Massae laterales und den Arcus ventralis ans Hinterhaupt angewachsen. Auch hier ist die Halswirbelsäule durch eine starke Lordose ausgezeichnet; jedoch haben die übrigen Halswirbel (C II — VII) ihre normale Form beibehalten. Bei den zahlreichen Fällen vom M e n s c h e n ist gelegentlich eine Auswirkung auf die übrige Halswirbelsäule nachgewiesen. Oft ist der Epistropheus geringfügig abgewandelt, auch „Schiefhalsbildungen“ kommen vor (Hayek 1927), was auf Asymmetrien in der Halswirbelsäule hinweist. Bolk (1902) berichtet von einer menschlichen Halswirbelsäule mit nur 6 Halswirbeln, ohne daß es zu Veränderungen in Form und Zahl im Bereich der übrigen Regionen der Wirbelsäule gekommen ist. Nach Went (1958) sind häufige Folgen der Atlasassimilation beim Menschen Synostosen der Cervicalwirbel II und III im Bogenbereich.

3. Ursachen der Atlasassimilation

Über die entwicklungsphysiologischen Ursachen der Atlasassimilation lassen sich nach dem vorliegenden Material nur Vermutungen anstellen, die verschiedentlich geäußert worden sind. Da Atlasassimilationen relativ zahlreich beim Menschen nachgewiesen sind, wurde vielfach in ihnen eine Folge des aufrechten Ganges gesehen, so zuletzt von Chevrel (1965), der bei 5 von 800 menschlichen Schädeln eine Assimilatio atlantis feststellte. Die Tatsache, daß, wenn wohl auch seltener, auch bei tetrapeden Säugetieren entsprechende Aberrationen vorkommen (bislang 9 Fälle, s. o.), zeigt jedoch, daß dies zumindest nicht die einzige Ursache darstellen kann. Viel wahrscheinlicher ist, daß es sich hier um eine entwicklungsphysiologische Arealverschiebung handelt, wie wir sie an den Grenzen der verschiedenen Regionen der Wirbelsäule, z. T. sogar erblich bedingt, kennen (Kühne 1932, 1936; Lenz 1951/52). Auch die Atlasassimilation des Menschen scheint nach Hayek (1927) wenigstens in manchen Fällen erblich bedingt zu sein.

Zweifellos können jedoch auch e x o g e n e E i n w i r k u n g e n auf den Embryo während einer bestimmten Phase der intrauterinen Entwicklung zu Mißbildungen am Achsenskelett führen, wie die Unterkühlungsversuche Leckys (1965) an Kaninchen oder der Einfluß von Sauerstoffmangel (Degenhardt und Kladewitz 1955) auf Kaninchen zeigen. Dabei kam es gelegentlich zu Blockwirbelbildung (Verschmelzung von Wirbeln), Spaltbildungen, Halbwirbelbildungen und anderen Anomalien. Auch eine Reduktion der Halswirbelzahl auf 6 trat in Leckys Experimenten auf. Daß auch die Bewegungen und der Tonus der embryonalen Muskulatur von großer morphogenetischer Bedeutung für das Achsenskelett sind, zeigten in jüngster Zeit die Versuche Sullivans an Hühnerembryonen. Lähmt man diese

vom 4. Bruttag an bis kurz vor dem Schlüpfen durch curareartige Substanzen, so führt dies zu Verdrehungen der Wirbelsäule, anomaler Stellung der Extremitäten und Verschmelzung von Wirbeln. Bei fast allen derart behandelten Kücken fand Sullivan eine Verwachsung der Schädelbasis mit dem 1. Halswirbel und eine dadurch bedingte Immobilisierung dieser Region.

Nach den vorliegenden Untersuchungen ist zu vermuten, daß verschiedene Einflüsse während der Embryonalentwicklung zu Störungen an den Grenzen der Regionen der Wirbelsäule führen und dort Arealverschiebungen ermöglichen können, wie sie sich u. a. in einer Atlasassimilation niederschlagen. Beachtenswert bleibt, daß diese, wie der hier beschriebene Fall zeigt, weitgehend kompensiert werden können. Dies geschieht vor allem dadurch, daß die nachrückenden Wirbel sich jeweils „ortsgemäß“ ausformen und damit dem normalerweise davor gelegenen Wirbel funktionsanalog gestaltet sind, ein Regulationsprozeß, der beim vorliegenden Meerschweinchenschädel wieder zur Normalzahl von 7 freien Halswirbeln führte und sich bis in den Thoracalbereich hinein auswirkte. Dieser Tatbestand deutet darauf hin, daß die hier durch die Atlasassimilation hervorgerufene Arealverschiebung im Bereich der Halswirbelsäule sich ausschließlich auf die Lage der Einzelwirbel, also das „Substrat“, bezieht. Das die spezielle Ausformung dieser Wirbel steuernde hypothetisch zu fordernde „morphogenetische Feld“ dagegen hat seine normale Lage offensichtlich beibehalten und prägt den verlagerten Wirbeln jeweils ihre ortsgemäße (nicht herkunftgemäße) Form auf.

Literaturverzeichnis

- Bolk, L. (1902): Über eine Wirbelsäule mit nur 6 Halswirbeln. — Morph. Jahrbuch 29, p. 84—93.
- (1906): Zur Frage der Assimilation des Atlas am Schädel des Menschen. — Anat. Anz. 28, p. 497—506.
- Bystrow, A. P. (1931): Assimilation des Atlas und Manifestation des Proatlas. — Zschr. Anat. u. Entw. gesch. 95, p. 210—242.
- (1933): Morphologische Untersuchungen über die Occipitalregion und die ersten Wirbel der Säugetiere und des Menschen, I. Mitteilung: Über den Proatlas und Anteproatlas bei der Robbe. — Zschr. Anat. u. Entw. gesch. 100, p. 362—386.
- (1934): II. Mitteilung: Die Assimilation des Atlas und deren phylogenetische Bedeutung. — Zschr. Anat. u. Entw. gesch. 102, p. 303—334.
- Chevrel, J. P. (1965): L'occipitalisation de l'atlas. — Zschr. Arch. Anat. path. 13, p. 104—108.
- Degenhardt und Kladowitz (1955): zitiert nach Tondury (1958).
- Freye, H. A. (1964): Variabilität und Fehlbildungen in der Occipitalregion von *Ondatra zibethica*. — Zschr. f. Säugetiere Bd. 29, 6, p. 331—336.
- Gupta, B. B. (1964): Mutation in the vertebral column of *Rana tigrina*. — Zoologica Poloniae 14, p. 153—155.
- Hayek, H. (1927): Untersuchungen über Epistropheus, Atlas und Hinterhauptsbein. — Morph. Jahrbuch 58, p. 269—347.
- Ingelmark, B. E. (1947): Über das kranio-vertebrale Grenzgebiet beim Menschen. — Acta anat. Suppl. 6 = 1 ad., Vol. IV, p. 116.
- Keller, H. L. (1960): Eine seltene Form der Manifestation des Occipitalwirbels. — Fortschr. Röntgenstr. 93, p. 370—372.

- (1961): Formvariationen und Fehlbildungen des Atlas und seiner Umgebung. — Fortschr. Röntgenstr. 95, p. 367—369.
- K o l l m a n n, J. (1905): Variationen am Os occipitale, besonders in der Umgebung des Foramen magnum. — Verhandl. d. anat. Gesellsch. 19, Vers. 1905.
- K ü h n e, C. (1932): Die Vererbung der Variationen der menschlichen Wirbelsäule. — Zschr. f. Morph. u. Anthr. 30.
- (1936): Die Zwillingswirbelsäule. — Zschr. f. Morph. u. Anthr. 35, p. 1—376.
- L e c y k, M. (1965): The effect of hypothermia applied in the given stages of pregnancy on the number and form of vertebrae in the offspring of the white mice. — Experiencia 21, (8), p. 452—453.
- L e n z, F. (1951—52): Kritik der reinen Wirbelsäulenmethode. — Zschr. f. Morph. und Anthr. 43, p. 9—20.
- N o u v e l, J., G. C h a v i e r, F. P e t t e r und J. R i n j a r d (1966): Contribution à l'étude de la Pathologie osseuse et nerveuse du Lion, *Panthero leo*. — Zoolog. Garten, 33, (1/3) p. 20—22.
- S c h u l t z, A. A. (1961): Vertebral column and thorax. — Primatologie, Vol. IV, 5. Lieferung.
- S t a r c k, D. (1965): Embryologie 2. Auflage. Stuttgart.
- T h e n i u s, E. (1950): Das Meerschweinchen — biologisch betrachtet. — Zoolog. Zschr. Österreich 2, p. 414—422.
- T o n d u r y, G. (1958): Entwicklungsgeschichte und Fehlbildungen der Wirbelsäule. — Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Stuttgart 1958.
- W e n t, H. (1958): Zum klinischen Bild der Atlasassimilation. — Fortschr. Röntgenstr. 89, p. 213—219.